

## Expresiones matemáticas: un problema de accesibilidad

Alicia Lopez<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Humanidades  
Universidad Nacional de Mar del Plata  
Funes 3250 (7600) Mar del Plata  
Email: [alicia.lopez@educ.a](mailto:alicia.lopez@educ.a)  
ORCID 000-0003-3471-1241

<sup>2</sup> Unión Latinoamericana de Ciegos  
Organización Internacional No Gubernamental  
Mercedes 1327 (11100) Montevideo  
Email: [ulac@ulacdigital.org](mailto:ulac@ulacdigital.org)

**Resumen.** En este artículo se presenta el resultado de una experiencia surgida de la primera edición del Curso “Creación de materiales educativos digitales accesibles” ofrecido por el Proyecto ESVI-AL. Se ha sensibilizado al cuerpo docente para que mejore sus prácticas desde la perspectiva de la educación inclusiva. Sin embargo, encuentra serias dificultades para que las expresiones matemáticas que utilice sean accesibles para las personas con discapacidad visual. De la revisión de las aplicaciones de uso frecuente para la preparación de documentos digitales, se exponen conclusiones y algunas líneas de avance para encontrar una solución efectiva.

**Keywords:** accesibilidad, matemática, educación inclusiva, calidad educativa, accesibilidad curricular

### 1 Introducción

En 2013 se ofrecieron por primera vez los cursos “Creación de materiales educativos digitales accesibles” y “Didáctica de la Matemática accesible”, destinados a los docentes de las universidades latinoamericanas socias del Proyecto ESVI-AL (Educación Superior Virtual Inclusiva – América Latina) y con la certificación de la Universidad de Alcalá.

Como resultado de esta experiencia, surgió el problema de la accesibilidad de las expresiones matemáticas por parte de las personas con discapacidad visual. Desde la ULAC (Unión Latinoamericana de Ciegos), también socio del proyecto precitado, se trabajó en la definición del problema y se propusieron algunas soluciones. En este artículo se presenta una reseña de esta experiencia.

## 2 Contextualización

El problema de la accesibilidad curricular en el nivel superior tiene, por lo menos, tres perspectivas: (1) la del alumno con comunicación y movilidad reducidas, (2) la del docente con comunicación y movilidad reducidas y (3) la del docente que en su clase tiene alumnos con comunicación y movilidad reducidas. El curso procuró resolver situaciones desde esta última perspectiva.

Se abordó la accesibilidad de documentos de texto en distintos formatos, materiales audiovisuales y páginas web. En este anexo se abordarán dos cuestiones (1) oferta de herramientas de cálculo accesibles para personas con discapacidad visual y (2) estrategias para presentar fórmulas matemáticas legibles por lectores de pantalla.

Excede los objetivos de este trabajo profundizar en las siguientes cuestiones: cómo leer y escribir en código braille expresiones matemáticas (sea en formato analógico o digital), estándares para crear documentos accesibles, diseño y desarrollo de herramientas de autor para crear expresiones matemáticas accesibles, acceso y edición de expresiones matemáticas cuando el documento fuente no es digital y la compatibilidad entre los distintos procesadores de uso corriente en el ámbito académico.

En este ámbito es posible encontrar docentes comprometidos con una educación inclusiva de calidad, sensibles a los problemas que presenta la accesibilidad y conscientes de los principios del diseño universal. Además, son usuarios expertos de paquetes ofimáticos de uso general (*MS Office*, *LibreOffice*, *Office*, *Drive*). En estos entornos, son capaces de crear y editar expresiones matemáticas. No necesariamente desarrollaron competencias en diseño y desarrollo web o son usuarios de editores específicos como *LaTeX*, *MathML* o *LyX*.

Es altamente probable que estos docentes tengan alumnos con movilidad o comunicación reducidas (no necesariamente con alguna discapacidad declarada). Aunque no utilicen el sistema braille o el lenguaje de señas, están dispuestos a orientar y pedir las ayudas necesarias para que estos estudiantes puedan tener un buen rendimiento académico. Conocer distintas pruebas de accesibilidad para los documentos creados o propuestos por este docente no implica que puedan resolver los problemas detectados con auxilio de estas herramientas.

Con este perfil en mente, se revisaron algunas herramientas adaptativas y las prácticas usuales para incorporar expresiones matemáticas. Se presentan estos resultados para iniciar una investigación más exhaustiva sobre el estado del arte y cómo integrar expresiones matemáticas genuinamente inclusivas, en los términos del artículo 2 de la Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad.

En este sentido, se presentan las distintas tecnologías a modo de pre-notados, de modo tal que facilite la ulterior comunicación con investigadores de distintos países.

### 2.1 Distinción entre calculadoras y editores de fórmulas

Una calculadora simbólica es un instrumento de trabajo personal: *Derive*, *Graph*, *Mathematica*, entre otros. La calculadora realiza cálculos, más allá de las operaciones aritméticas, operan con polinomios, logaritmos, funciones, matrices, integrales, etc.

Conceptual y funcionalmente distinto es el editor de fórmulas. Esta es una herramienta integrada de comunicación en el área matemática: *MathType*, *LaTeX*, *MathML*, por ejemplo. No es posible operar con las expresiones ingresadas, sólo mostrarlas en el cuerpo del documento en que están insertas. La mayoría de los paquetes ofimáticos cuentan con un editor de fórmulas matemáticas integrado al procesador de textos y la planilla de cálculo.

## 2.2 Herramientas de cálculo accesibles

En los últimos tiempos se difundió ampliamente el uso de computadores de escritorio, portátiles, tabletas, teléfonos celulares inteligentes y afines. Sin embargo, aún subsisten distintas instancias de evaluación donde sólo se permite el uso de calculadoras “convencionales”. Y en términos de inclusión, es necesario ofrecer alternativas para quienes presentan alguna discapacidad visual.

El uso de calculadoras está tan naturalizado que los docentes pierden de vista los desafíos que supone para este grupo de estudiantes. Entre las varias existentes, se destaca la calculadora Científica Parlante con Funciones permite que el estudiante haga sus cálculos sin perturbar el normal desarrollo de la clase o del examen. Es un dispositivo físico que no requiere conectarse a una computadora o acceder a Internet. Las operaciones sólo son audibles mediante auriculares. La organización VER Colombia ofrece este tipo de herramientas adaptativas[7].

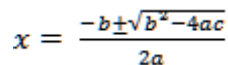
En el ámbito de las computadoras (sean personales, portátiles, tabletas o teléfonos inteligentes), es posible encontrar calculadoras instaladas junto con el sistema operativo. Por caso, a partir de Windows 7 están disponibles varias calculadoras accesibles para un lector de pantalla. Para la plataforma Windows la empresa Viewplus ha desarrollado una calculadora graficadora parlante con bajos requerimientos en el equipamiento [8].

## 3 Expresiones matemáticas accesibles en documentos digitales

A partir del perfil del docente considerado en la Contextualización, se observó que la mayoría suele recurrir al editor de fórmulas que viene instalado en *MS Word*. Si bien el resultado es visualmente prolijo, no pasó por las pruebas de accesibilidad recomendadas en el Curso “Creación de materiales educativos digitales accesibles”. La mayor dificultad se observó en el tratamiento que el procesador de texto le daba al objeto incrustado que contenía la expresión matemática. Las pruebas se hicieron con dos lectores de pantalla: *JAWS* y *NVDA*.

Sea el caso la fórmula resolvente de la ecuación de segundo grado. Utilizando el editor de fórmulas de *MS Word* se visualiza tal como se muestra en la Figura 1. Sin embargo, el lector de pantalla devuelve la siguiente lectura: “gráfico 3,68 centímetros de anchura por 1,08 de altura”. Nada significativo ni pertinente con lo que se quiere mostrar. Incluso en lenguaje coloquial, la lectura de esta fórmula puede ser diferente según el país de procedencia. En la comunidad rioplatense sería “equis es igual a menos b más menos la raíz cuadrada de b al cuadrado menos cuatro ab, todo sobre dos a”. Lectura que puede ser diferente en otras comunidades hispanohablantes.

Por otra parte, es importante tener en cuenta la incompatibilidad entre las distintas versiones de *MS Word*. Así, cuando se convierte un documento de formato DOCX a otro con formato DOC, las fórmulas se transforman en imágenes, lo que impide ser editadas en el documento convertido. Existe un complemento de compatibilidad para *MathType* en *MS Word 2010*[3], que resulta incompatible para las versiones anteriores.

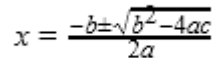


$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

**Fig. 1.** Imagen de la fórmula utilizando el editor de fórmulas de *MS Word 2010*.

Utilizando el editor de fórmulas de *LibreOffice Writer* la vista de la fórmula es muy similar a la devuelta en la Figura 1. El lector de pantalla devuelve la siguiente lectura: “gráfico 3,68 centímetros de anchura por 1,08 de altura”. La escritura de la fórmula es menos intuitiva que en el caso del editor provisto por *MS Word*.

En el ámbito académico es cada vez más frecuente utilizar *Google Drive* para producir documentos colaborativos. Con un editor de fórmulas similar al que ofrece *MS Word*, se puede visualizar una fórmula bastante más desprolija desde el punto de vista tipográfico, tal como se aprecia en la Figura 2. Habilitando la Compatibilidad con el lector de pantalla - Fórmulas matemáticas accesibles, es posible escuchar equis igual, espacio, guión b (silencio), b, (silencio), dos guión cuatro a c, espacio, dos a, guión. Lo que no favorece la comprensión del mensaje por parte del alumno ciego.



$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

**Fig. 2.** Imagen de la fórmula utilizando el editor de *Google Drive*.

Una solución, aunque laboriosa, es la hacer accesibles estas imágenes siguiendo las distintas estrategias propuestas en el curso “Creación de materiales educativos digitales accesibles”. Por ejemplo, agregando texto alternativo. El principal problema de esta solución radica en la comunicabilidad: exige un gran esfuerzo de memoria y concentración por parte del estudiante.

No obstante, existen otros procesadores de texto que permitirían crear y editar expresiones matemáticas accesibles para lectores de pantalla y posibilidad de convertirlas al sistema braille. Se destacan *MiKTeX*<sup>1</sup> y *LyX* basados en *LaTeX*. Estos procesadores de texto no fueron considerados en el Curso “Creación de materiales educativos digitales accesibles”.

La conversión de un archivo a formato PDF supone la pre-existencia de un documento generado con otro software (sea un procesador de texto, una planilla de cálculo o diapositivas, entre otros). Por lo tanto, el problema de accesibilidad a este tipo de documentos debe considerar tanto la accesibilidad del documento fuente como la del proceso de conversión a PDF.

<sup>1</sup> Puede obtenerse más información en los sitios oficiales <http://miktex.org/> y <http://www.lyx.org/>

En la misma línea, el uso de fórmulas en objetos multimedia (especialmente en videos y objetos creados mediante herramientas de autor), debe considerar los protocolos y pruebas de accesibilidad característicos.

En el curso “Creación de materiales educativos digitales accesibles tampoco se abordó el trabajo con *Lambda*, una aplicación que permite crear y editar fórmulas matemáticas accesibles [5]. Con esta aplicación el autor (docente o estudiante) escribe linealmente y el lector de pantallas lo lee como si hubiesen sido manuscritas. Esto permite la comunicación en doble vía (docente – alumno) incluso sin importar quién presenta la discapacidad visual.

#### 4. Resultados

A medida que se avanzó en la experiencia se descubrieron herramientas y estrategias adaptativas. Prueba de que a la comunidad de técnicos, científicos y académicos, el problema de la accesibilidad merece ser atendido.

Desde el W3C (World Wide Web Consortium) se recomienda el uso de *MathML* como lenguaje para desarrollar aplicaciones que involucren expresiones matemáticas. En particular, el DAISY Consortium está desarrollando un estándar que permita soportar expresiones matemáticas como audiotexto[1]

Entre estas aplicaciones se destaca *Lambda* como herramienta de comunicación en doble vía. Es particularmente interesante las posibilidades ofrecidas para facilitar la transcripción al sistema braille, teniendo en cuenta que se basa en la notación matemática braille [2]

Si se busca mejorar la accesibilidad de documentos digitales preexistentes, *InfyReader* [6] es una alternativa a considerar, ya que se trata de un software para el reconocimiento óptico de caracteres (OCR) específicamente diseñado para el lenguaje matemático. En un trabajo de López Hidalgo se encontró la semilla para indagar sobre este producto [4].

Resumiendo, al finalizar la parte exploratoria de esta experiencia se encontró una variedad de dispositivos que permitirían generar expresiones matemáticas accesibles para personas con discapacidad visual. Sin embargo, para aprovecharlos, se requiere capacitar previamente al docente en su uso y aplicaciones.

#### 5. Conclusiones

Crear documentos digitales accesibles es un aspecto clave para que la educación inclusiva sea una realidad. La accesibilidad es un atributo de calidad insoslayable en la educación del siglo XXI. Si se parte de la premisa “La calidad se diseña”, el docente debe tener en cuenta la diversidad de soluciones ofimáticas que pueden utilizar sus alumnos, soluciones que a su vez dependen del sistema operativo utilizado. La ubicuidad amplía el clásico terceto en los equipos de escritorio (*Linux*, *Windows*, *Mac*) a otros específicos para tabletas y *smartphones*. E incluso, asumiendo que todos utilicen el mismo paquete, por caso, *MS Office*, es posible que los estudiantes y los docentes utilicen distintas versiones, a veces, incompatibles entre sí.

La situación es particularmente compleja si se busca ofrecer documentos digitales imprimibles. En este caso, debe considerarse tanto la accesibilidad del documento de origen (creado con un procesador de texto, una planilla de cálculo o una presentación de diapositivas) y el convertido a formato PDF, si fuera pertinente. Estas cuestiones fueron objeto del curso Creación de materiales educativos digitales accesibles, también ofrecido por el programa ESVI-AL. Los procesadores de texto usuales en el ámbito académico ofrecen editores de expresiones matemáticas. Sin embargo, ninguno de ellos es accesible, aun haciendo los ajustes razonables propiciados por la Convención.

Aunque existen numerosos proyectos que permiten crear expresiones matemáticas accesibles, es necesario diseñar proyectos de capacitación para los docentes involucrados, ya que el uso de estas aplicaciones no están difundidas entre el común de los docentes universitarios ni su aprendizaje es intuitivo (aun cuando sea por analogía con los procesadores de texto más usuales).

De lo anterior se recupera como principal aprendizaje del curso la toma de conciencia acerca de los múltiples problemas y la creciente complejidad de crear textos matemáticos accesibles.

Se recomienda continuar con las siguientes líneas de trabajo, surgidas de esta experiencia: (1) adopción de procesadores de texto basados en *LaTeX*, con la consiguiente capacitación de los docentes involucrados, (2) generalización del uso de *Lambda* en el ámbito universitario para incluir a los docentes y estudiantes no videntes, (3) intercambiar experiencias con los usuarios expertos en distintas herramientas adaptativas (lectores de pantalla, sistema braille y afines) para que las propuestas formativas sean enriquecidas a partir de la voz de sus usuarios, (4) capacitar a los docentes y personal de apoyo en el diseño accesible de sus recursos y el uso de herramientas adaptativas más usuales y (5) investigar la usabilidad de las distintas aplicaciones surgidas en los proyectos de investigación y desarrollo, de modo que puedan ser utilizados por el perfil docente destinatario del proyecto ESVI-AL.

**Agradecimientos.** Se agradece especialmente a la coordinación del Proyecto ESVI-AL el financiamiento necesario para presentar este artículo en el 5° CAFVIR.

## Referencias

1. DAISY Consortium: MathML in DAISY Specification, <http://www.daisy.org/project/mathml>.
2. Della Barca, J.J.: Notación matemática braille. Edición del autor, Buenos Aires (1998).
3. Design Science: MathType, Equation Editor, <http://www.dessci.com/en/products/mathtype/>.
4. Lopez Hidalgo, D.: Accesibilidad de fórmulas matemáticas. Universidad de Barcelona (2013).
5. Muñoz Carenas, J., Fernandez del Campo Sanchez, J.E.: El editor Lambda para matemáticas, (2011).

6. Suzuki, M., Uchida, S.: Infty Project Research Project on Mathematical Information Processing Mathematical Document Recognition and Analysis, User Interface, Accessibility of Scientific Documents, <http://www.inftyproject.org/en/index.html>.
7. VER Colombia: Tecnologías para la inclusión. Herramientas adaptativas, <http://www.ver.com.pe/tmp/teclados.html>.
8. Viewplus: Accessible Math Audio Graphing Calculator, <http://www.viewplus.com/products/software/math/>.